



11 Anmelder:
Arnold & Richter Cine Technik GmbH & Co Betriebs
KG, 80799 München, DE

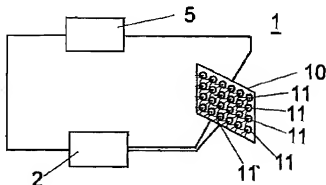
12 Vertreter:
Maikowski & Ninnemann, Pat.-Anw., 10707 Berlin

13 Erfinder:
Eberl, Heinrich Alexander, 87463 Dietmannsried,
DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Beleuchtungsvorrichtung mit lichtemittierenden Dioden (LED), Beleuchtungsverfahren und Verfahren zur Bildaufzeichnung mit derartiger LED-Beleuchtungsvorrichtung

57 Beleuchtungsvorrichtung 1 mit lichtemittierenden Dioden (LED) mit einem LED-Trägerelement 10, auf dem eine Vielzahl von Leuchtpixeln 11, 11' angeordnet sind, die Licht emittieren. Die Leuchtpixel 11' umfassen jeweils eine Mehrzahl von LEDs, die unterschiedliche, zur additiven Farbmischung des Lichts der Leuchtpixel 11' geeignete Emissionswellenlängen aufweisen. Dem LED-Trägerelement 10 ist eine Ansteuervorrichtung 5 zugeordnet, mit der sich dem additiv farbgemischten Licht jedes einzelnen Leuchtpixels 11' ein Farbtemperatur- und ein Intensitätsparameter vorgeben lassen. Die Ansteuervorrichtung 5 ordnet den Farbtemperatur- und Intensitätsparametern elektrische LED-Ströme zu und steuert die LEDs der Leuchtpixel 11' mit den zugeordneten LED-Strömen an. Regelungsmittel 2 messen die Farbtemperatur und Intensität des emittierten Lichts mindestens eines Leuchtpixels 11', vergleichen die gemessenen mit den vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern des Leuchtpixels 11' und regeln bei Abweichungen der gemessenen von den vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern die Ansteuervorrichtung 5 so, daß das emittierte Licht des Leuchtpixels 11' die vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparameter aufweist.



[0001] Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsanordnung mit lichtemittierenden Dioden (LED) nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Im Vergleich zu einer Lichtquelle, bei der das Licht durch einen glühenden Körper beispielsweise eine dünne Drahtwendel erzeugt wird, hat eine LED eine Reihe von Vorteilen, wie einen besseren Wirkungsgrad, geringere Abwärmeleistung, höhere mechanischer Stabilität und längere Lebensdauer. Zu Beginn der technologischen Entwicklung wiesen LEDs allerdings vergleichsweise geringe Lichtleistungen auf. Insbesondere die Entwicklung leistungsstarker LEDs im kurzwelligen sichtbaren Spektralbereich des Lichtes erwies sich als problematisch. Daher war die Erzeugung vergleichsweise leistungsstarken Weißlichtes durch additive Farbmischung des Lichtes mindestens dreier LEDs, die eine rote, eine grüne und eine blaue Emissionswellenlänge aufweisen bzw. durch ein genügend breites sichtbares LED-Emissionspektrum einer einzelnen LED nicht möglich. Aus diesen Gründen kamen LEDs für Beleuchtungszwecke, bei denen Weißlicht benötigt wird, lange Zeit nicht zum Einsatz.

[0003] Inzwischen ist es möglich, LEDs mit Emissionswellenlängen in allen Bereichen des sichtbaren Lichtspektrums mit Lichtleistungen herzustellen, die den Anforderungen einer Vielzahl konventioneller Glühwendel-Beleuchtungseinrichtungen gerecht werden. Der Einsatz eines LED-Beleuchtungseinrichtungen ist daher oftmals nur noch eine Preisfrage.

[0004] Die WO 99/31560 offenbart eine große Zahl von Vorrichtungen und Verfahren, bei denen jeweils LEDs als Lichtquellen zum Einsatz kommen. LED-Beleuchtungsvorrichtungen sind zum Beispiel in der WO 97/48134, WO 98/40665 und der WO 99/30537 offenbart. Insbesondere in der WO 98/40665 und der WO 99/30537 werden Vorrichtungen beschrieben, bei denen das Licht durch eine Vielzahl auf einem flächigen Träger angeordneter LED-Leuchtpixel erzeugt wird. Jeder Leuchtpixel umfaßt drei LEDs: eine LED mit einer Emissionswellenlänge im roten, eine im grünen und eine im blauen Spektralbereich. Durch die steuerbare additive Farbmischung des roten, grünen und blauen LED-Lichts kann die LED-Beleuchtungsvorrichtung Licht jeder gewünschten Farbtemperatur abstrahlen.

[0005] Durch Degeneration des LED-Materials, insbesondere der lichtemittierenden Schichten, ändern sich jedoch mit der Zeit Intensität und Wellenlänge des emittierten LED-Lichtes. Dies führt trotz konstant gehaltenen LED-Strömen dazu, daß das Licht der LED-Beleuchtungseinrichtung ebenfalls veränderte Intensität und Farbtemperatur aufweist. Die bekannten LED-Beleuchtungsvorrichtungen weisen den Nachteil auf, daß eine derartige Änderung von Farbtemperatur und Intensität des Lichtes der LED-Beleuchtungsvorrichtung hingenommen werden muß. Gerade in professionellen Anwendungsbereichen ist aber die Verlässlichkeit, daß die Beleuchtungsvorrichtung Licht der gewünschten Farbtemperatur und Intensität abstrahlt von entscheidender Bedeutung.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Beleuchtungsvorrichtung mit lichtemittierenden Dioden (LED) herzustellen, die Licht einer Vielzahl vorgegebener Farbtemperatur- und Intensitätsparameter abstrahlen kann, wobei die Farbtemperatur- und Intensitätsparameter des abgestrahlten Lichtes mit hoher Verlässlichkeit während der gesamten Lebensdauer der Vorrichtung den vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern entsprechen sollen.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine

Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Danach weist die Beleuchtungsvorrichtung ein LED-Trägerelement auf, das sowohl als plane als auch als gekrümmte Fläche ausgeformt werden kann. Auf dem LED-Trägerelement sind eine Vielzahl lichtemittierender Leuchtpixel beispielsweise matrixartig angeordnet. Diese Leuchtpixel umfassen jeweils eine Mehrzahl LEDs mit Emissionswellenlängen, die zur additiven Farbmischung des vom Leuchtpixel emittierten Lichtes geeignet sind. Um sämtliche Farböne des sichtbaren Lichtspektrums darstellen zu können, ist die Kombination dreier LEDs mit Emissionswellenlängen im roten, im grünen und im blauen Bereich des sichtbaren Lichtspektrums notwendig.

[0009] Für ein farbechtes Erscheinen beleuchteter Gegenstände ist es jedoch weiterhin notwendig, daß die spektralen Emissionsbandbreiten der rot, grün und blau emittierenden LED den gesamten sichtbaren Spektralbereich abdecken. Besteht eine spektrale Lücke zwischen den Emissionsbandbreiten zweier LEDs, so kann zwar ein Farbton, der in dieser spektralen Lücke liegt, durch die entsprechende Mischung roten, grünen und blauen Lichts generiert werden; bei der Beleuchtung eines Gegenstandes, der eben diesen Farbton aufweist, kommt es allerdings hinsichtlich des vom Gegenstand reflektierten Lichtes zwangsläufig zu Farbfehlern. Dieser Effekt liegt darin begründet, daß der beleuchtete Gegenstand für das Licht der verschiedenen Wellenlängen unterschiedliche Reflexionskoeffizienten aufweist, so daß sich in Reflexion durch das veränderte Mischungsverhältnis der unterschiedlichen Lichtanteile ein verfälschter Farbton resultiert. Um diesen Effekt zu kompensieren, kann beispielsweise in jedem Leuchtpixel zusätzlich zu den LEDs mit Emissionswellenlängen im roten, grünen und blauen Spektralbereich eine breitbandig emittierende Weißlicht-LED eingesetzt werden.

[0010] Weiterhin weist die Beleuchtungsvorrichtung eine Ansteuerungsvorrichtung auf, mit der sich für das additiv farbgemischte Licht jedes einzelnen Leuchtpixels ein Farbtemperaturparameter und ein Intensitätsparameter vorgeben lassen. Die Ansteuerungsvorrichtung ordnet diesen vorgegebenen Parametern entsprechende LED-Ströme zu und steuert die LEDs der Leuchtpixel mit den zugeordneten LED-Strömen an.

[0011] Die Beleuchtungsvorrichtung umfaßt Regelungsmittel, die die Farbtemperatur und Intensität des Lichtes mindestens eines Leuchtpixels messen, die gemessenen Farbtemperatur- und Intensitätsparameter mit den entsprechend vorgegebenen Parametern vergleichen und bei Abweichungen der gemessenen Parameter von den vorgegebenen Parametern die Ansteuerungsvorrichtung derart regeln, daß die gemessenen Parameter mit den vorgegebenen Parametern übereinstimmen.

[0012] In einer vorteilhaften Ausführungsform umfassen die Regelungsmittel eine Halbleitersensoranordnung, die zur Messung der jeweiligen roten grünen und blauen Spektralanteile des Lichtes der Leuchtpixel geeignet ist. Aus dem Verhältnis und dem Betrag der jeweiligen spektralen Meßwerte lassen sich Farbtemperatur- und Intensitätsparameter des abgestrahlten Lichtes bestimmen. Die der Halbleitersensoranordnung zugeordnete Vergleichs- und Regeleneinheit vergleicht die gemessenen mit den vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern. Weichen die Parameter voneinander ab, so veranlaßt die Vergleichs- und Regeleneinheit, daß die Ansteuerungsvorrichtung des LED-Trägerelementes die LED-Ströme derart nachregelt, daß keine Unterschiede mehr zwischen gemessenen und vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern bestehen.

[0013] Es ist weiterhin von Vorteil, die Regelungsmittel räumlich vom LED-Trägerelement zu beabstanden, damit

beispielsweise die Abwärme des LED-Trägerelementes nicht zu einer Verälschung der Meßwerte der Halbleitersensoren führen. Bei einer derartigen Beschabnung muß das Licht des Leuchtpixels der entfernt angeordneten Halbleitersensoreinheit zugeführt werden. Dies erfolgt geeigneterweise mit Hilfe eines Lichtleiters, beispielsweise in Form einer optischen Glas- oder Kunststofffaser oder eines integriert optischen Lichtwellenleiters.

[0014] Einerseits ist es möglich, den Lichtleiter an einen einzelnen Leuchtpixel zu koppeln, der dann als Referenzlichtquelle benutzt wird, andererseits ist eine Messung des emittierten Lichtes jedes einzelnen Leuchtpixels wünschenswert. Zu diesem Zweck ist es von vorteilhaft, den Lichtleiter in einer solchen Ring- bzw. Schleifenform am LED-Trägerelement anzuordnen, daß Anteile des emittierten Lichtes jedes einzelnen Leuchtpixels in den Lichtleiter einkoppeln können.

[0015] Insbesondere bei Verwendung einer Glas- bzw. Plastikfaser als Lichtleiter kann die Faser im Bereich des LED-Trägerelementes so geformt und angeordnet werden, daß Licht, das aus Richtung der Leuchtpixel einfällt, in den Lichtleiter einkoppeln kann, während beispielsweise Fremd- und Umgebungslicht, das aus anderen Richtungen kommend auf den Lichtleiter trifft, nur zu einem sehr geringen Teil in den Lichtleiter einkoppelt.

[0016] Zur aktiven Steuerung der Farbtemperatur- und Intensitätsparameter jedes einzelnen Leuchtpixels ist es notwendig, aus dem Gemisch des Lichtes aller Leuchtpixel jeweils das Licht einzelner Leuchtpixel zu extrahieren. Dies geschieht am einfachsten, indem man die Lichtsignale der Leuchtpixel im Zeitmultiplex auswertet. Dazu steuert man die einzelnen LEDs der Leuchtpixel geeigneterweise mit LED-Strömen an, die im MHz-Bereich getaktet sind. Kalkuliert man beispielsweise pro Leuchtpixel zur aktiv gegebenen Erzeugung einer Anzahl von Lichtpulsen, die ein ausreichendes Detektorsignal liefern, ein Zeitfenster von 10 µs, so können innerhalb von 1 ms 100 Leuchtpixel hintereinander aktiv geregelt angesteuert werden. Daraus resultiert eine Beleuchtungsfrequenz von 1 kHz, so daß störende Schwebungseffekte beispielsweise bei der Aufnahme einer beleuchteten Szene mit einer Laubbildkamera erst bei entsprechend hohen Laubbildfrequenzen auftreten können.

[0017] Zum Zweck der einfachen Handhabbarkeit ist es von Vorteil, das LED-Trägerelement und in einem Scheinwerfergehäuse anzuordnen.

[0018] Weiterhin kann dem Scheinwerfergehäuse eine Beobachtungskamera zur Abbildung einer mit dem Scheinwerfer beleuchteten Szene zugeordnet sein. Die Beobachtungskamera ist entweder innerhalb oder außerhalb des Scheinwerfergehäuses angeordnet und fest mit dem Scheinwerfergehäuse verbunden.

[0019] Es ist von Vorteil, als Beobachtungskamera eine Halbleiter-Kamera (CCD, CMOS) einzusetzen. Diese kann sehr klein ausgebildet sein, was dessen platzsparende Anordnung innerhalb des Scheinwerfergehäuses ermöglicht.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform weist die Ansteuerungsvorrichtung ein Bedienungsterminal mit einem Bildschirm auf. Dieser Bildschirm erlaubt eine bequeme Benutzerführung der Beleuchtungsvorrichtung und kann darüber hinaus das mittels der Beobachtungskamera aufgenommene Bild der beleuchteten Szene darstellen.

[0021] Mit Hilfe der auf dem LED-Trägerelement angeordneten Leuchtpixel ist es bei allen Ausführungsformen der Beleuchtungsvorrichtung möglich, mit Hilfe der Ansteuerungsvorrichtung hellicke zweidimensionale Farbverlaufs- und Intensitätsprofile des von der Beleuchtungsvorrichtung emittierten Lichtes auf einfache Weise nachzubilden. Dazu müssen die LEDs der Leuchtpixel jeweils mit den

entsprechenden Strömen angesteuert werden. Im Vergleich dazu ist bei Anwendung eines konventionellen Glühlampen-Scheinwerfers für jedes Farbverlaufs- und Intensitätsprofil ein individuelles Filterelement notwendig. Bei einem Einsatz der Beleuchtungsvorrichtung sind derartige Filterelemente überflüssig.

[0022] Bei einer Beleuchtungsvorrichtung mit Beobachtungskamera besteht zusätzlich die Möglichkeit, die Beleuchtung einer Szene aktiv zu kontrollieren und zu steuern. Dazu läßt sich die zu beleuchtende Szene mittels der Beobachtungskamera auf dem Bildschirm der Ansteuerungsvorrichtung darstellen. Der Nutzer legt dann anhand dieses Bildes die gewünschten Beleuchtungsbedingungen der zu beleuchtenden Szene fest.

[0023] Daraufhin ermittelt die Ansteuerungsvorrichtung das zugehörige Farbverlaufs- und Intensitätsprofil und steuert die LEDs des LED-Trägerelementes mit den entsprechenden Strömen an. Das Bild der beleuchteten Szene wird anschließend mit der Beobachtungskamera aufgezeichnet, die Ansteuerungsvorrichtung wertet es aus und vergleicht es mit den vom Nutzer gewünschten Beleuchtungsbedingungen. Treten dabei beispielsweise aus Gründen besonderer Reflexionseigenschaften der beleuchteten Szene Abweichungen auf, so regelt die Ansteuerungsvorrichtung die LED-Ströme nach, bis die vom Nutzer gewünschten Beleuchtungsbedingungen eingestellt sind.

[0024] Ein weiteres vorteilhaftes Arbeitsverfahren besteht in der Nutzung der erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung bei der Aufzeichnung von Bildern eines bewegten Körpers mit einer Kamera. Die Beleuchtungsvorrichtung stellt dabei Beleuchtungslicht für den Körper zur Verfügung, der sich vor einem Hintergrund bewegt, der relativ zur Kamera nicht. Während oder zwischen der Aufzeichnung der einzelnen Bilder des bewegten Körpers mit der Kamera wird die Farbtemperatur des Beleuchtungslichtes verändert. Dabei ist die Änderung der Farbtemperatur des Beleuchtungslichtes als Funktion der Zeit vorgebar. Dadurch ist in jedem Bild des bewegten Körpers die Information über die bereits abgelaufene Bewegungszeit anhand der Farbe codiert, in der der bewegte Körper abgebildet ist.

[0025] Je mehr Farbtemperaturen das Beleuchtungslicht während der Aufnahme eines einzelnen Bildes aufweist, desto farblos, d. h. grau bzw. weiß, erscheint der Hintergrund, vor dem sich der bewegte Körper in den verschiedenen Farbtemperaturen an unterschiedlichen Bildpositionen deutlich abzeichnet.

[0026] Um diesen Effekt zu optimieren, ist es notwendig, daß das Beleuchtungslicht während der Aufzeichnungszeit zwischen einem Startzeitpunkt und einem Endzeitpunkt sämtliche sichtbaren Spektralfarben aufweist. Es ist vorteilhaft, die Farbtemperatur des Beleuchtungslichtes während der Aufzeichnungszeit schrittweise oder kontinuierlich vom violetten zum roten Bereich des Spektrums hin zu verändern, weil auf diese Weise die Bewegungszeit durch die bekannte Farblage des Weißlichtspektrums codiert ist. Die umgekehrte Richtung, vom roten zum violetten Spektralbereich, stellt aus dem genannten Grund ebenfalls eine vorteilhafte Möglichkeit zur Änderung der Farbtemperatur des Beleuchtungslichtes dar.

[0027] Wird die Farbtemperatur zwischen der Aufnahme einzelner Bilder verändert, so ist eine nachträgliche Überlagerung der Einzelbilder notwendig, um den gleichen Darstellungseffekt zu erhalten. Für eine solche Bild-Nachbearbeitung ist es vorteilhaft, wenn die verwendete Kamera digitale Bildsignale liefert, so daß die nachträgliche Überlagerung mit Hilfe eines Computers mit entsprechender Software durchgeführt werden kann.

[0028] Die Zeitauflösung bei der Darstellung der Bewe-

gung des Körpers ergibt sich aus dem Quotienten der Aufzeichnungszeit durch die Zahl der möglichen Farbtemperaturen des Beleuchtungslichtes. Die Zeitauflösung lässt sich jedoch noch erheblich steigern, indem die Beleuchtung des Körpers mit einer zeitlich definierten Abfolge sämtlicher erzeugbarer Farbtemperaturen in periodischen Abständen wiederholt wird. Dadurch liegt die theoretisch erreichbare Zeitauflösung in der Zeitkonstante, die die Beleuchtungs-
 [0030] vorrichtung benötigt, zwischen zwei Farbtemperaturen umzuschalten. Den begrenzenden Faktor wird in der Praxis allerdings die minimale Bildaufnahmezeit darstellen, die die Kamera benötigt, um den mit Licht der jeweiligen Farbtemperatur beleuchteten Körper "farbacht" abbilden zu können.
 [0029] Bei einer gleichförmigen Bewegung des Körpers ist es vorteilhaft, die Farbtemperatur proportional mit der Bewegungszeit zu ändern.

[0030] Werden Bilder einer räumlich und zeitlich periodischen Körperbewegung mit einer Periodizitätszeit T aufgenommen, so ist es von Vorteil, wenn die Aufzeichnungszeit der halben Periodizitätszeit $T/2$ entspricht, um die Überlagerung der Hin- und Rückbewegung des Körpers bei der Darstellung zu vermeiden. Insbesondere bei sehr kleinen Periodizitätszeiten T beleuchtet man den Körper geeigneterweise während einer Vielzahl hintereinander erfolgender Hin- oder Rückbewegungen der Dauer $T/2$ mit Licht identischer Farbcodierung. Auf diese Weise wird die Bewegung des Körpers in einer Art Stroboskopbetrieb der Beleuchtungs-
 [0031] vorrichtung abgebildet.

[0031] Mehrere Ausführungsbeispiele der Beleuchtungs-
 [0032] vorrichtung werden anhand der nachfolgenden Figuren beschrieben. Es zeigen:

[0032] Fig. 1 eine schematische Darstellung der Beleuchtungs-
 [0033] vorrichtung;

[0033] Fig. 2 eine erste mögliche Ausführungsform der Vorrichtung aus Fig. 1;

[0034] Fig. 3 eine weitere mögliche Ausführungsform der Beleuchtungs-
 [0035] vorrichtung und

[0035] Fig. 4 einen Längsschnitt durch einen möglichen Ausführungsform eines Scheinwerfers der Beleuchtungs-
 [0036] vorrichtung.

[0036] In Fig. 1 ist die erfindungsgemäße Beleuchtungs-
 [0037] vorrichtung 1 schematisch dargestellt. Das LED-Trägerelement 10 ist als plane oder gekrümmte Fläche ausgebildet und weist auf seiner Oberfläche eine Vielzahl von Leuchtpixeln 11 auf. Diese Leuchtpixel 11 sind in dichtem Abstand angeordnet und bilden eine auf dem LED-Trägerelement 10 eine Leuchtfläche aus. Das flächige LED-Trägerelement 10 kann beliebige geometrische Formen aufweisen, Runde bzw. rechteckige Leuchtflächen lassen sich am einfachsten auf entsprechend runde bzw. rechteckigen LED-Trägerelementen 10 realisieren.

[0037] Jeder Leuchtpixel 11 umfasst mindestens drei LEDs. Die erste LED weist eine rote, die zweite eine grüne und die dritte eine blaue Emissionswellenlänge auf, wobei die Emissionswellenlängen zur additiven Farbmischung sämtlicher Farbtemperaturen des sichtbaren Lichtes geeignet sind und die Emissionsbandbreiten der drei LEDs den gesamten sichtbaren Spektralbereich abdecken. Wenn sich spektrale Lücken zwischen den Emissionsbandbreiten der drei LEDs ergeben, ist die Verwendung einer zusätzlichen weißen LED notwendig, deren breites Emissionsspektrum die Lücke zwischen den farbigen LEDs schließt.

[0038] Die LEDs der Leuchtpixel werden mittels einer Ansteuerungsvorrichtung 5 mit elektrischem Strom versorgt. Der LED-Betrieb erfolgt mit Strompulsen, so dass durch eine Modulation der Pulswerte die Intensität des emittierten LED-Lichtes beeinflusst werden kann. Auf diese Weise lassen sich die Mischungsverhältnisse der drei Farb-

anteile des additiv gemischten LED-Lichtes und somit die resultierende Farbtemperatur jedes einzelnen Leuchtpixels 11 ansteuern. Vorgegebenen Parametern für Farbtemperatur und Intensität der Leuchtpixel ordnet die Ansteuerungsvorrichtung 5 die entsprechenden LED-Strome zu und steuert die LEDs mit den zugeordneten Strömen an.

[0039] Die Regelungsmittel 2 messen Farbtemperatur und Intensität des emittierten Lichtes mindestens eines Leuchtpixels 11' des LED-Trägerelementes 10, vergleichen die gemessenen Parameter mit den durch die Ansteuerungsvorrichtung 5 vorgegebenen Parametern für Farbtemperatur und Intensität und veranlassen die Ansteuerungsvorrichtung 5, die LED-Strome nachzuregeln, bis die gemessenen Parameter den vorgegebenen Parametern entsprechen.

[0040] Fig. 2 zeigt eine mögliche Ausführungsform der schematisch in Fig. 1 dargestellten Beleuchtungs-
 [0041] vorrichtung 1. Ein Halbleitersensoreinheit 20 misst die Farbtemperatur und Intensität des Lichtes mindestens eines Leuchtpixels 11' des LED-Trägerelementes 10, das mittels eines Lichtleiters 25 vom LED-Trägerelement 10 zur Halbleitersensoreinheit 20 geführt wird. Als Lichtleiter 25 können sowohl optische Glas- als auch Plastikfasern benutzt werden. Vorteilhaft ist auch der Einsatz eines integriert optischen Lichtleiter-Detektorsystems. Dabei handelt es sich um ein Bauelement, bei dem Lichtleiter und Detektor auf einem gemeinsamen Substrat in Halbleiter-Dünnschichttechnologie hergestellt werden. Durch die Verwendung eines solchen Bauelements entfällt die aufwendige optische Kopplung eines separaten Lichtleiters an die Halbleitersensoreinheit bei der Montage der Beleuchtungs-
 [0042] vorrichtung 1.

[0041] Es ist vorteilhaft, wenn die Halbleitersensoreinheit 20 drei Einzeldetektoren aufweist, von denen der erste das Signal des roten, der zweite das Signal des grünen und der dritte das Signal des blauen LED-Lichtes erzeugt. Diese Meßvorrichtung lässt sich auf einfache Weise durch den Einsatz entsprechender Transmissionsfilter vor den jeweiligen Einzeldetektoren realisieren.

[0042] Die Vergleichs- und Recheneinheit 21 vergleicht die vom Halbleitersensoreinheit 20 gemessenen Farbtemperatur- und Intensitätsparameter mit den durch die Ansteuerungsvorrichtung 5 vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern. Bei einem Abweichen veranläßt die Vergleichs- und Recheneinheit 21 die Ansteuerungsvorrichtung 5, die LED-Strome nachzuregeln, bis die gemessenen Parameter mit den vorgegebenen übereinstimmen.

[0043] Mit den durch die Leuchtpixel 11 auf dem LED-Trägerelement 10 ausgebildeten Leuchtflächen ist es möglich, beliebige Farbverläufe- und Intensitätsprofile zu realisieren. Als Intensitätsprofil kann zum Beispiel das Gaußförmige Profil eines konventionellen Glühlampenscheinwerfers simuliert werden.

[0044] Durch die Halbleitersensoreinheit 20 und die Vergleichs- und Recheneinheit 21 wird dabei gewährleistet, daß die Farbtemperatur- und Intensitätsparameter des abgestrahlten Lichtes der Leuchtpixel 11 mit hoher Verlässlichkeit während der gesamten Lebensdauer der Beleuchtungs-
 [0045] vorrichtung 1 den mit der Ansteuerungsvorrichtung 5 vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern entsprechen.

[0045] Die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsform der Beleuchtungs-
 [0046] vorrichtung 1 entspricht weitgehend der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung. Für gleiche Bauelemente werden daher gleiche Bezugszeichen verwendet.

[0046] Das LED-Trägerelement 10 ist in einem Scheinwerfergehäuse 12 angeordnet. Dem Scheinwerfergehäuse ist eine Beobachtungskamera 27 zugeordnet. Die Beobachtungskamera 27 ist mit der Ansteuerungsvorrichtung 5 verbunden und bildet eine mit der Beleuchtungseinrichtung zu

beleuchtende Szene auf dem Bildschirm 52 der Ansteuerungsvorrichtung 5 ab. Außerdem weist die Ansteuerungsvorrichtung 5 Eingabemittel 51, beispielsweise eine Computertastatur mit einer Maus auf. Dadurch wird eine bequeme Bedienung der Beleuchtungsanlage 1 durch einen Nutzer ermöglicht.

[0047] Damit das Scheinwerfergehäuse 12 leicht zu handhaben ist, bietet es sich an, die Beobachtungskamera 27 als Miniatur-CCD-Kamera auszulagern, so daß sie problemlos im Inneren des Scheinwerfergehäuses 12 befestigt werden kann.

[0048] Die dargestellte Ausführungsform der Beleuchtungsanordnung 1 bietet die Möglichkeit, daß ein Benutzer mit Hilfe der auf dem Bildschirm 52 abgebildeten zu beleuchtenden Szene über die Eingabemittel 51 gewünschte Beleuchtungsbedingungen der Szene vorgibt. Die Ansteuerungsvorrichtung 5 ermittelt daraufhin die entsprechenden LED-Ströme und steuert die Leuchtpixel 11 des LED-Trägerelementes 10 entsprechend an.

[0049] Die nun beleuchtete Szene wird wiederum mittels der Beobachtungskamera 27 auf dem Bildschirm 52 dargestellt, woraufhin die Ansteuerungsvorrichtung 5 durch eine geeignetes Softwareprogramm die Unterschiede zwischen den vom Nutzer gewünschten und den durch die Beobachtungskamera 27 abgebildeten Beleuchtungsbedingungen auswertet. Daraufhin kann entweder manuell durch den Nutzer oder automatisch durch ein Softwareprogramm der Ansteuerungsvorrichtung 5 die Stromsteuerung der Leuchtpixel 11 nachgeregelt werden, bis die gewünschten Beleuchtungsbedingungen erreicht sind.

[0050] Bei Verwendung einer optischen Faser als Lichtleiter 25 ist es möglich, die Halbleitersensoreinheit 20 und die Vergleichs- und Regeleinheit 21 mit in das Gehäuse der Ansteuerungsvorrichtung 5 zu integrieren. Dadurch ergibt sich eine einzige kompakte Geräteeinheit, die lediglich über ein elektrisches Kabel und den Lichtleiter 25 mit dem Scheinwerfergehäuse 12 verbunden werden muß.

[0051] Weiterhin kann die Ansteuerungsvorrichtung 5 Schnittstellen aufweisen, die eine Vernetzung und zentrale Steuerung einer Vielzahl von Beleuchtungsanordnungen 1 ermöglichen.

[0052] Fig. 4 zeigt eine vorteilhafte Anordnung von Lichtleiter 25 und LED-Trägerelement 10 in einem Scheinwerfergehäuse 12. Dabei verläuft der im Scheinwerfergehäuse 12 angeordnete Endabschnitt des Lichtleiters 25 in einem im Scheinwerfergehäuse 12 kehlförmig ausgebildeten Abschnitt 13 im wesentlichen parallel zum LED-Trägerelement 10. Die Öffnung dieses kehlförmig ausgebildeten Abschnittes 13 zeigt dabei in Richtung des LED-Trägerelementes 10, so daß ein Anteil des Lichtes jedes Leuchtpixels 11 auf den Lichtleiter trifft, aber kein störendes Umgebungslicht, das direkt in das Scheinwerfergehäuse 12 fällt, in den Lichtleiter 25 einkoppeln kann.

[0053] Der im kehlförmig ausgebildeten Abschnitt 13 angeordnete Bereich des Lichtleiters 25 ist derart aufgebaut, daß die lichtführende Schicht 26 eine Grenzfläche zur Luft innerhalb des Scheinwerfergehäuses 12 aufweist. Dies läßt sich beispielsweise durch das Anschließen einer Glasfaser längs ihrer Erststreckungsrichtung realisieren. Dadurch wird sichergestellt, daß ein ausreichender Anteil des Lichts der Leuchtpixel 11 in den Lichtleiter 25 einkoppelt und zur Detektoreinheit 20 gelangt.

Patentsprüche

1. Beleuchtungsanordnung mit lichtemittierenden Dioden (LED) mit einem LED-Trägerelement, auf dem eine Vielzahl von

Leuchtpixeln angeordnet sind, die Licht emittieren, wobei die Leuchtpixel jeweils eine Mehrzahl von LEDs umfassen, die unterschiedliche, zur additiven Farbmischung des Lichts der Leuchtpixel geeignete Emissionswellenlängen aufweisen, und einer dem LED-Trägerelement zugeordneten Ansteuerungsvorrichtung, mit der sich dem additiv farbmischten Licht jedes einzelnen Leuchtpixels ein Farbtemperatur- und ein Intensitätsparameter vorgeben lassen, wobei die Ansteuerungsvorrichtung den vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern entsprechende elektrische LED-Ströme zuordnet und die LEDs der Leuchtpixel mit den zugeordneten LED-Strömen ansteuert,

dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungsanordnung (1) Regelungsmittel (2) aufweist, die Farbtemperatur und Intensität des emittierten Lichtes mindestens eines Leuchtpixels (11) des LED-Trägerelementes (10) messen, die gemessenen Farbtemperatur- und Intensitätsparameter mit den vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern des Leuchtpixels (11) vergleichen und bei Abweichungen der gemessenen Farbtemperatur- und/oder Intensitätsparameter von den vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparametern die Ansteuerungsvorrichtung (5) derart regeln, daß das emittierte Licht des Leuchtpixels (11) die vorgegebenen Farbtemperatur- und Intensitätsparameter aufweist.

2. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelungsmittel (2) eine Halbleitersensoreinheit (20) für das von den Leuchtpixeln (11) emittierte Licht und eine der Halbleitersensoreinheit (20) zugeordnete mikroprozessorgesteuerte Vergleichs- und Regeleinheit (21) umfassen.

3. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß an dem LED-Trägerelement (10) mindestens ein Lichtleiter (25) angeordnet ist, der emittiertes Licht mindestens eines Leuchtpixels (11) zu der von dem LED-Trägerelement (10) beabstandet angeordneten Halbleitersensoreinheit (20) führt.

4. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (25) schleifen- oder ringförmig am LED-Trägerelement (10) angeordnet ist, so daß Anteil des emittierten Lichtes sämtlicher Leuchtpixel (11) in den Lichtleiter (25) einkoppeln.

5. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (25) als Glas- oder Plastikfaser ausgebildet ist und im Bereich des LED-Trägerelementes (10) derart geformt ist, daß lediglich Licht, das aus der Richtung der Leuchtpixel (11) auf den Lichtleiter (25) trifft, in diesen einkoppelt.

6. Beleuchtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerungsvorrichtung (5) die einzelnen LEDs der Leuchtpixel (11) mit Strompulsen ansteuert, die im MHz-Bereich getaktet sind.

7. Beleuchtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das LED-Trägerelement (10) in einem Scheinwerfergehäuse (12) angeordnet ist.

8. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt des Lichtleiters (25) im Scheinwerfergehäuse (12) im wesentlichen parallel zum LED-Trägerelement (10) verläuft und daß dieser Abschnitt des Lichtleiters (25) so ausgebildet ist, daß Licht der Leuchtpixel (11) in den Lichtleiter (25) einkoppeln kann.

9. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschnitt des Lichtleiters (25) in einem kohlformig ausgeformten Abschnitt (13) des Scheinwerfergehäuses (12) angeordnet ist und daß die Öffnungsrichtung des kohlformig ausgeformten Abschnitts (13) so auf das LED-Trägerelement (10) hin ausgerichtet ist, daß kein direkt in das Scheinwerfergehäuse (12) einfallendes Umgebungslicht in den Lichtleiter (25) einkoppeln kann.
10. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß dem Scheinwerfergehäuse (12) und der Ansteueranordnung (5) eine Beobachtungskamera (27) zugeordnet ist, die eine mit der Beleuchtungsanordnung (1) beleuchtete Szene abbildet und daß die Beobachtungskamera (27) entweder innerhalb oder außerhalb des Scheinwerfergehäuses (12) fest mit diesem verbunden ist.
11. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Beobachtungskamera (12) als CCD- oder CMOS-Kamera ausgebildet ist.
12. Beleuchtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteueranordnung (5) einen Bildschirm (52) und Dateneingabemittel (51) aufweist.
13. Beleuchtungsverfahren mit einer Beleuchtungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Farb- und Intensitätsparameter des von den einzelnen Leuchtpixeln (11) emittierten Lichtes derart angesteuert werden, daß zweidimensionale Farbverlaufsprofile und/oder Intensitätsprofile des Lichtes konventioneller Glühlampen-Scheinwerfer mittels der Leuchtpixel (11) des LED-Trägerelementes (10) nachgebildet werden.
14. Verfahren zur Beleuchtung einer Szene mit einer Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch die folgenden Arbeitsschritte:
- Darstellung der durch die Beobachtungskamera (27) abgebildeten zu beleuchtenden Szene auf dem Bildschirm (52) der Ansteueranordnung (5),
 - Vorgabe gewünschter Beleuchtungsbedingungen der zu beleuchtenden Szene durch Dateneingabemittel (51) der Ansteueranordnung (5),
 - Ermittlung und Ansteuerung eines den gewünschten Beleuchtungsbedingungen entsprechenden Farbverlaufs- und Intensitätsprofils des vom LED-Trägerelement (10) abgestrahlten Lichtes mittels der Ansteueranordnung (5),
 - Darstellung und Auswertung des mit der Beobachtungskamera (27) aufgenommenen Bildes der beleuchteten Szene mit Hilfe der Ansteueranordnung (5),
 - Durchführen einer Korrektur des zweidimensionalen Farbverlaufs- und Intensitätsprofils des vom LED-Trägerelement (10) abgestrahlten Lichtes mittels der Ansteueranordnung (5) bis die beleuchtete Szene die gewünschten Beleuchtungsverhältnisse aufweist.
15. Verfahren zur Aufzeichnung von Bildern einer Bewegung mindestens eines Körpers vor einem Hintergrund, mit einer Beleuchtungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Bereitstellung von Beleuchtungslicht für die Beleuchtung des Körpers und einer Kamera, die die Bilder der Bewegung des Körpers vor dem Hintergrund aufzeichnet, wobei die Kamera bei der Aufzeichnung der Bilder relativ zum Hintergrund ruht,

- dadurch gekennzeichnet, daß während oder zwischen der Aufzeichnung der Bilder Farbtemperatur und/oder Intensität des Beleuchtungslichtes der Beleuchtungsanordnung (1) verändert wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Bewegung des Körpers während einer Aufzeichnungszeit zwischen einem Anfangszeitpunkt und einem Endzeitpunkt aufgezeichnet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungslicht zum Anfangszeitpunkt eine Anfangsfarbtemperatur im violetten Spektralbereich, zum Endzeitpunkt eine Endfarbtemperatur im roten Spektralbereich und während der Aufzeichnungszeit eine Vielzahl von Farbtemperaturen zwischen dem roten und violetten Spektralbereich des Farbspektrums aufweist.
17. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Bewegung des Körpers während einer Aufzeichnungszeit zwischen einem Anfangszeitpunkt und einem Endzeitpunkt aufgezeichnet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungslicht zum Anfangszeitpunkt eine Anfangsfarbtemperatur im roten Spektralbereich, zum Endzeitpunkt eine Endfarbtemperatur im violetten Spektralbereich und während der Aufzeichnungszeit eine Vielzahl von Farbtemperaturen zwischen dem roten und violetten Spektralbereich des Farbspektrums aufweist.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Farbtemperatur des Beleuchtungslichtes zwischen dem Anfangs- und dem Endzeitpunkt der Aufzeichnung der Bilder schrittweise oder kontinuierlich von der Anfangsfarbtemperatur zur Endfarbtemperatur verändert wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Farbtemperatur des Beleuchtungslichtes proportional mit der Aufzeichnungszeit verändert wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, wobei der Körper eine zeitlich und räumlich periodische Bewegung mit einer Periodizitätszeit T ausführt, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufzeichnungszeit zwischen Anfangs- und Endzeitpunkt der halben Periodizitätszeit $T/2$ entspricht.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß als Kamera eine Video-, CCD- oder CMOS-Kamera eingesetzt wird.
22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Einzelbildern, die während der Aufzeichnungszeit aufgezeichnet wurden, mit Mitteln der digitalen Bildverarbeitung in einem einzigen Bild überlagert dargestellt werden.

Fig. 1

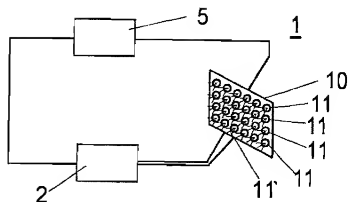


Fig. 2

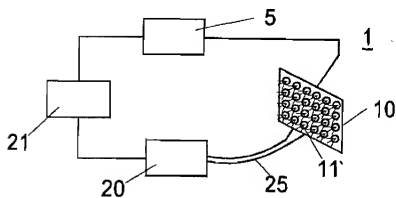


Fig. 3

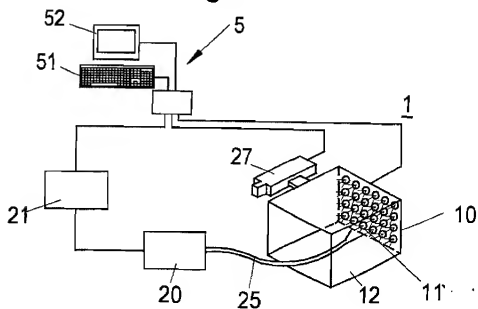


Fig. 4

